

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problems Mailbox.**

## TUNABLE OPTICAL FIBER RAMAN LASER

Patent Number: JP1196189  
Publication date: 1989-08-07  
Inventor(s): HOSAKA TOSHITO; others: 02  
Applicant(s):: NIPPON TELEGR & TELEPH CORP  
Requested Patent: ☐ JP1196189  
Application Number: JP19880019574 19880201  
Priority Number(s):  
IPC Classification: H01S3/30 ; G02B6/00 ; G02F1/35 ; H01S3/06 ; H01S3/17  
EC Classification:  
Equivalents: JP2553127B2

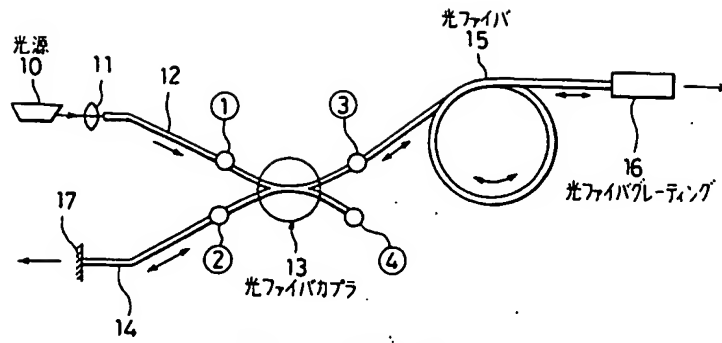
### Abstract

**PURPOSE:** To be small-sized, of excellent stability and of enhanced reliability by a method wherein an optical fiber end-face mirror is formed at the end face of a remaining part on one end side of all optical fiber coupler so that an induced Raman scattered beam reflected selectively by a variable optical fiber type grating can go back and forth between optical fiber end-face mirrors.

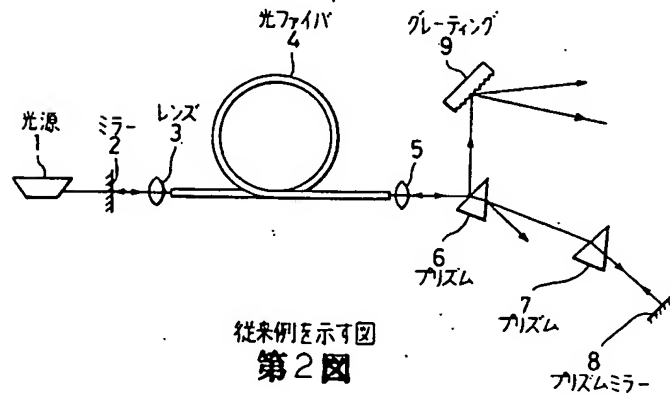
**CONSTITUTION:** Out of induced Raman scattered beams generated, a beam with a width of 0.01 Angstrom is reflected by an optical fiber grating 16 and is incident on a port (3) of an optical fiber coupler 13. The optical fiber coupler 13 transmits almost all of an induced Raman scattered beam in the whole wavelength region from the port (3) to a port (2); 97 % of optical power is reflected by an optical fiber end-face mirror 17 via the port (2) and an optical fiber 14. The reflected beam is transmitter from the port (2) of the optical fiber coupler 13 to the port (3); while it goes back and forth between the optical fiber grating 16 and the optical fiber endface mirror 17, it is amplified selectively by a beam from a light source 10, i.e. an excited beam; 3% of the high- intensity and narrow-spectrum induced Raman scattered beam is radiated from the optical fiber end-face mirror 17.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

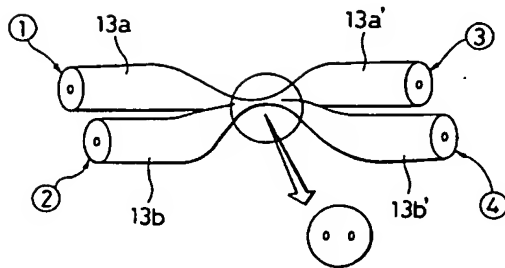
Yapach



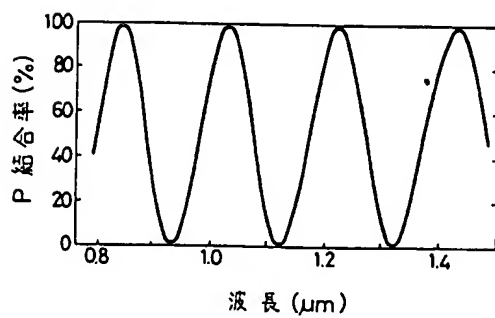
本発明の一実施例を示す図  
第1図



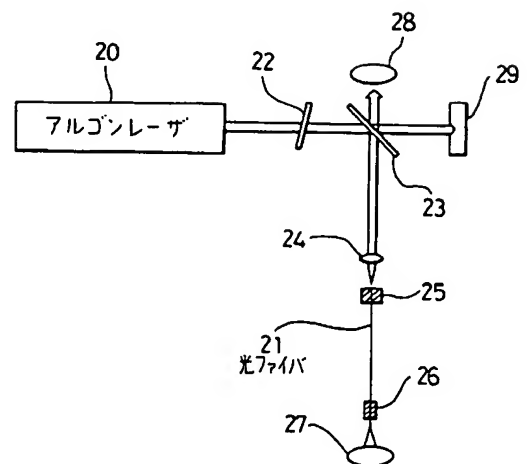
従来例を示す図  
第2図



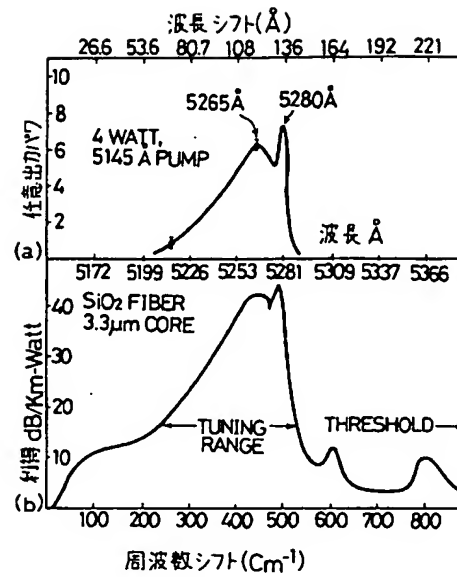
光ファイバカプラの構造を説明するための図  
第3図



光ファイバカプラからの出力と波長の関係を示す図  
第4図



光ファイバグレーティングの作製装置を示す図  
第5図



ラマン散乱光のスペクトル及びシフト量を示す図

第6図

## ⑫ 公開特許公報(A)

平1-196189

⑤Int.Cl.<sup>4</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑬公開 平成1年(1989)8月7日

H 01 S 3/30  
G 02 B 6/00  
G 02 F 1/35

3 0 1

7630-5F  
E-7370-2H  
7348-2H  
7348-2H  
7630-5F  
7630-5F

審査請求 未請求 請求項の数 2 (全6頁)

⑭発明の名称 波長可変光ファイバランレーザ

⑰特 願 昭63-19574

⑱出 願 昭63(1988)2月1日

⑲発 明 者 保 坂 敏 人 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内

⑲発 明 者 須 藤 昭 一 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内

⑲発 明 者 横 浜 至 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内

⑳出 願 人 日本電信電話株式会社 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号

㉑代 理 人 弁理士 吉田 精孝

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

波長可変光ファイバランレーザ

## 2. 特許請求の範囲

## (1) 励起光源と、

一端側に2個のポートを有するとともに、他端側に1個のポートを有し、前記光源からの出射光が前記一端側の一のポートに入射する光ファイバケーブルと、

一端側が前記光ファイバケーブルの他端側のポートに接続された光ファイバと、

一端側が前記光ファイバの他端側に接続された可変光ファイバ型グレーティングとを備えた

ことを特徴とする波長可変光ファイバランレーザ。

(2) 光ファイバケーブルの一端側の残りの一のポートの端面または該ポートに接続した光ファイバ端面にコーティングを施し光ファイバ端面ミラーを形成した請求項1記載の波長可変光ファイバランレーザ。

## 3. 発明の詳細な説明

## (作業上の利用分野)

本発明は、波長可変でしかも狭スペクトルな光ファイバランレーザに関するものである。

## (従来の技術)

波長可変光ファイバランレーザとしては、例えば、「R.K.Jain et.al., A high-efficiency tunable CW Raman oscillator, "Applied Physics Letters, vol.30, no.3, PP.162-164, 1977」に開示されているものが知られており、第2図は従来の波長可変光ファイバランレーザの構成を模式的に示した図である。第2図において、1は波長5145 Å、出力4 Wの励起光を出射するアルゴンレーザからなる光源、2はミラー、3、5は無反射コーティングされたレンズ、4はレンズ3及び5間に配設されたコア径3.3 μm、屈折率差0.36%、長さ100 mの光ファイバ、6、7はプリズム、8はプリズムミラー、9はグレーティングである。

第2図によれば、光源1から出射した光はミラー2を通り、ほぼ全パワーがレンズ3を介して光フ

ファイバ 4 の一端側に入射され、光ファイバ 4 を伝搬して光ファイバ 4 の他端側から出射される。この出射光はレンズ 5 により平行光にされプリズム 6 で一部が反射されてグレーティング 9 に入射し、残りの一部はプリズム 6 を通り大気中に放射される。一方、光ファイバ 4 中には光源 1 からの強い励起光により、この励起光とは波長の異なる誘導ラマン散乱光が発生する。この誘導ラマン散乱光はミラー 2 により例えば 90% 及びプリズムミラー 8 により 99.8% 反射され、ミラー 2 とプリズムミラー 8 間を往復しながら更に励起光によって増幅され、プリズム 6 で反射されてグレーティング 9 に入射する。グレーティング 9 では励起光と誘導ラマン散乱光とは波長が異なるので別々に出射されることになる。また、プリズム 6、7 及びプリズムミラー 8 は光の波長の変化に対して伝搬する方向を変化させることができるため、これらプリズム 6、7 及びプリズムミラー 8 を調整することにより誘導ラマン散乱光を 80 Å に互って波長調整しており、従来典型的なスペクトル幅は 2 Å

— 3 —

記光ファイバの他端側に接続された可変光ファイバ型グレーティングとを備えた。

また、後記する理由により、光ファイバカブラの一端側の残りの一のポートの端面或いはこのポートに接続された光ファイバの端面にコーティングを施し光ファイバ端面ミラーを形成することが効果的である。

(作用)

本発明によれば、光源から出射された光は光ファイバカブラの一端側の一のポートに入射され、この入射光は光ファイバカブラの他端側のポートに入射され光ファイバに入射する。その後、光ファイバ中の伝搬した光は、即ち、光源よりの励起光は誘導ラマン散乱により、光源光と波長が異なるある程度の波長幅を持った光を発生し、このうち光源よりの励起光は光ファイバの他端側に接続された可変光ファイバ型グレーティングの出力端面より出射する。一方、光ファイバ中で発生した誘導ラマン散乱光は、可変光ファイバ型グレーティングにより選択される波長の光のみが出力され

— 5 —

で、変換効率は 9% であった。

(発明が解決しようとする課題)

しかしながら、上記構成によれば、プリズム 6、7 或いはグレーティング 9 等、大型の光学部品をその構成要素としているため、装置の大型化を招き、しかもプリズム等は微小変位等が発生する恐れがあり安定性に欠け、また、波長調整された 1 本のスペクトル幅は 2 Å と広いという問題点があった。

本発明の目的は、上記問題点に鑑み、大型の光学部品を使用することではなく、小型で安定性に優れ、信頼性の高い狭スペクトルな波長可変光ファイバラマンレーザを提供することにある。

(課題を解決するための手段)

本発明は上記目的を達成するため、励起光源と、一端側に 2 個のポートを有するとともに、他端側に 1 個のポートを有し、前記光源からの出射光が、前記一端側の一のポートに入射する光ファイバカブラと、一端側が前記光ファイバカブラの他端側のポートに接続された光ファイバと、一端側が前

— 4 —

ることになる。また、光ファイバカブラの一端側の残りのポートの端面或いはこのポートに接続された光ファイバの端面に光ファイバ端面ミラーを形成することにより可変光ファイバ型グレーティングで選択的に反射された誘導ラマン散乱光を可変光ファイバ型グレーティングと光ファイバ端面ミラー間で往復させることができる。

(実施例)

第 1 図は、本発明による波長可変光ファイバラマンレーザの一実施例を示す図である。図中、10 はアルゴンレーザ等からなる光源、11 は光源より出射された光を集光し、光ファイバ 12 の一端側に結合するレンズである。

13 は両端側にそれぞれ光の入出力ポート①、②及び③、④を有する光ファイバカブラで、ポート①には光ファイバ 12 の他端側、ポート②には光ファイバ 14 の一端側及びポート③には光ファイバ 15 の一端側が融着接続方法により接続されている。

第 3 図は光ファイバカブラ 13 の構造を説明す

— 6 —

るための図である。第3図によれば光ファイバケーブル13は単一モード光ファイバ13a, 13bを平行に配置し、光ファイバ13a, 13bの中央部を融着延伸したものである。通常単一モード光ファイバでは伝搬光のパワはコアとクラッド中を伝わっており(例えば、規格化周波数 $V=2.0$ ではコア約80%, クラッド約20%)、規格化周波数 $V=2\pi/a \cdot \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$ (但し、 $\lambda$ :波長,  $2a$ :コア径,  $n_1$ :コアの屈折率,  $n_2$ :クラッドの屈折率)が小さくなるに従ってコアよりクラッドへしみ出す光パワは大きくなる。このため、融着延伸部では規格化周波数 $V$ の値、さらに詳細にはコア径 $2a$ が小さくなっているのので、例えばポート①から入射した光はポート③及びポート④、即ち光ファイバ13a, 13bに結合される。第4図はポート①から異なる波長の光を入射した場合の、ポート③からの出力と波長の関係をした図で、横軸に波長、縦軸に結合率 $P=\sin^2(c\lambda+\phi)$ (但し、 $\lambda$ :波長、 $c, \phi$ は定数)を表わしている。第4図からわかるよう

- 7 -

Il, et al., App. Phys. Lett., Vol. 32, no. 10, PP. 647-649, 1978 参照)、第5図中、22は可変減衰器、23はハーフミラー、24はレンズ、25は石英締め付け部、26はVミソマグネティックマウント、27, 28は検出器、29は吸収材である。このようにして作製された光ファイバグレーティング16は強い波長選択性を有しており、 $0.01\text{Å} \sim 0.3\text{Å}$ の狭スペクトル幅を有する反射光を得ることができ、スペクトル幅を可変とするには、光ファイバグレーティング16の温度を制御するか、或いは電気歪み効果を有する物質に光ファイバグレーティングをマウントして熱或いは電氣的にグレーティングの周期を変化させることによりでき、また機械的に延伸することも可能である。また石英の線膨張係数は $5.4 \times 10^{-7}/^\circ\text{C}$ であるため、温度を $0 \sim 1000^\circ\text{C}$ 間で変化させた時ラマンの中心波長は $0.5\text{ }\mu\text{m}$ 程度の場合には可変波長領域は約 $1\text{Å}$ である。

16は光ファイバ14の他端側端面へのコーティングによって反射光(97%)及び透過光(3

に、融着延伸部の外径及び長さを調整し、上記定数 $c$ 及び $\phi$ を適宜選択することによって光源10からの励起光をポート①からポート③へ、逆に光源10からの光と波長がずれ、ある波長幅を有する誘導ラマン散乱光をほぼ全てポート③からポート②へ伝搬させることができるようになっている。

16はブラッグ反射光に対応する波長 $\lambda=2n_e\Lambda$ (但し、 $n_e$ :媒質中の実効屈折率,  $\Lambda$ :グレーティング周期)、 $0.01\text{Å}$ 幅の光を反射する可変光ファイバ型グレーティング(以下、光ファイバグレーティングと称す)で、一端側は光ファイバ15の他端側が融着接続され、他端側は無反射コーティングされており、当刻波長可変光ファイバラマンレーザの出射端面となっている。このような光ファイバグレーティング16は、第5図に示すような装置により、約 $100\text{mW}$ のアルゴンレーザ20を $\text{GeO}_2$ ガラスを添加し他コアを有する長さ約 $1\text{m}$ の単一モード光ファイバ21に入射し、光ファイバ21中に定在波を立て、光誘起屈折率変化によって作製されたもので、(K.O.HI

- 8 -

%)の比率が設定された光ファイバ端面ミラーである。

次に以上の構成による動作を説明すると、まず、光源10から出射された光はレンズ11で集光されて光ファイバ12の一端側に入射され、この光ファイバ12を伝搬して光ファイバケーブル13のポート①に入射する。この入射光は光ファイバ13aに結合され、ポート③から出射されて光ファイバ15に入射する。光ファイバ15に入射した光は、光ファイバ15中で誘導ラマン散乱光を発生する。石英系光ファイバでは第6図に示したように光源10からの光に対して約 $440\text{cm}^{-1}$ シフトした波長が最も強い誘導ラマン散乱光になるが、ラマン散乱光の波長幅は $300\text{cm}^{-1}$ 程度(ピーク強度約 $-20\text{dB}$ の範囲)の広がりを持つ。ここで光源10からの光は光ファイバ15の他端側に融着接続された光ファイバグレーティング16に入射し、光ファイバグレーティング16を伝搬して、出射端面より出射する。しかし、発生した誘導ラマン散乱光の内、光ファイバグレーティ

- 9 -

- 10 -

ング 16 の反射光に対応する  $0.01 \text{ \AA}$  幅の光は、光ファイバグレーティング 16 により反射され、光ファイバ 15 を介して、光ファイバカブラ 13 のポート ③ に入射する。光ファイバカブラ 13 は全波長域の誘導ラマン散乱光をほぼ全てポート ③ からポート ② に伝達し、ポート ②、光ファイバ 14 を介して光ファイバ端面ミラー 17 によって 97% の光パワーが反射される。反射光は光ファイバカブラ 13 のポート ② からポート ③ に伝搬し、光ファイバグレーティング 16 と光ファイバ端面ミラー 17 間を往復する間に、光源 10 からの光、即ち励起光によって選択的に増幅され、高強度の狭スペクトルの誘導ラマン散乱光が 3%、光ファイバ端面ミラー 17 から出射されることになる。またこの出射光の波長を変化させるには前如のようにグレーティング周期を変化させることにより可能となっている。

本実施例によれば、光源 10 の他は、光ファイバにて作製された光ファイバカブラ、グレーティングを用いたので、大型の光部品を使用する必要

— 11 —

射光が、前記一端側の一のポートに入射する光ファイバカブラと、一端側が前記光ファイバカブラの他端側のポートに接続された光ファイバと、一端側が前記光ファイバの他端側に接続された可変光ファイバ型グレーティングとを備えたので、光源以外は、光ファイバにより構成されており、大型の光学部品を必要とせず、また融着接続等の方法により、各部材の入出力端面同士を接続することができ、装置の小型化を図れ、しかも、光学的に安定性に優れ、信頼性の高い波長可変光ファイバマンレーザを提供できる利点がある。また可変光源としての応用或いは分光学的な分野にも適用が可能である。

また、光ファイバカブラの一端側の残りのポートの端面或いはこのポートに接続された光ファイバの端面に光ファイバ端面ミラーを形成することにより可変光ファイバ型グレーティングで選択的に反射された誘導ラマン散乱光を可変光ファイバ型グレーティングと光ファイバ端面ミラー間で往復させることができるので、短い光ファイバを用

がなく、装置の小型化を図れ、しかも安定性、信頼性に優れた波長可変光ファイバマンレーザを実現できる。

尚、本実施例では、可変波長領域を約  $1 \text{ \AA}$  として説明したが、光ファイバの軟化点を  $1600^\circ\text{C}$  程度に加熱しておいて延伸することにより更に広い  $100 \text{ \AA}$  程度の可変波長領域を得ることができる。また、光源 10 からの出射光をレンズ 11、光ファイバ 12 を介して光ファイバカブラ 13 に入射しているが、光源に直接光ファイバカブラを結合することにより更に小型化、安定化を図ることができる。また、ポート ② に光ファイバ 14 を融着接続し、この光ファイバ 14 の他端側端面に光ファイバ端面ミラー 17 を形成したが、ポート ② 即ち光ファイバカブラ 13 を構成する光ファイバ 13b の端面に形成しても勿論良い。

(発明の効果)

以上説明したように、本発明によれば、励起光源と、一端側に 2 個のポートを有するとともに、他端側に 1 個のポートを有し、前記光源からの出

— 12 —

いても誘導ラマン散乱光を増幅することができ、これによりさらに小型化を図れる利点がある。

#### 4. 図面の簡単な説明

第 1 図は本発明による波長可変光ファイバマンレーザの一実施例を示す図、第 2 図は従来の波長可変光ファイバマンレーザを示す図、第 3 図は光ファイバカブラの構造を説明するための図、第 4 図は光ファイバカブラからの出力と波長との関係を示す図、第 5 図は光ファイバグレーティングの作製装置を示す図、第 6 図はラマン散乱光のスペクトル及びシフト量を示す図である。

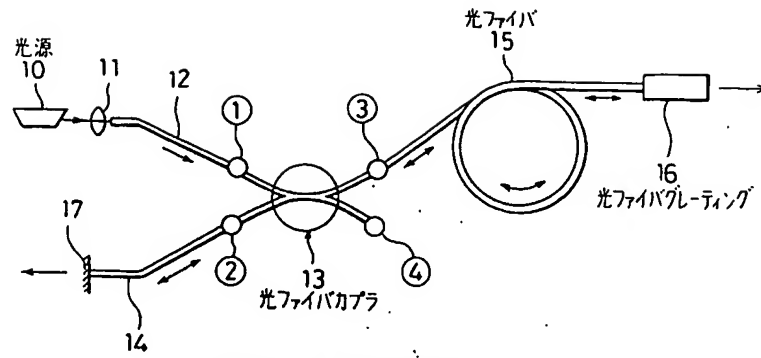
図中、10…光源、13…光ファイバカブラ、15…光ファイバ、16…可変光ファイバ型グレーティング（光ファイバグレーティング）。

特 許 出 願 人 日本電信電話株式会社  
代理人 弁理士 吉 田 精 孝

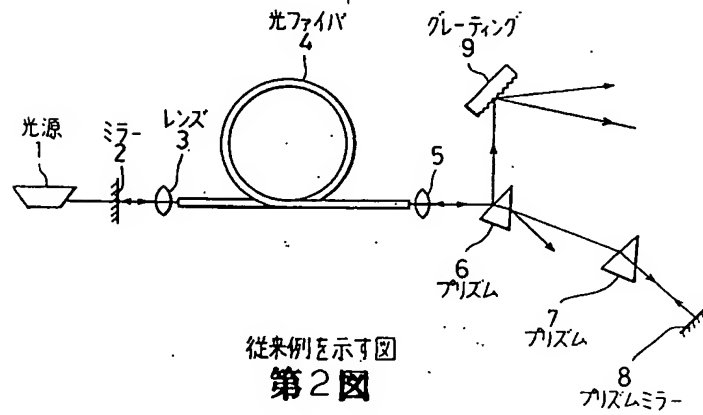
— 13 —

— 14 —

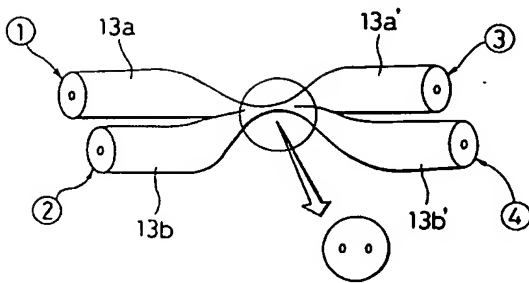




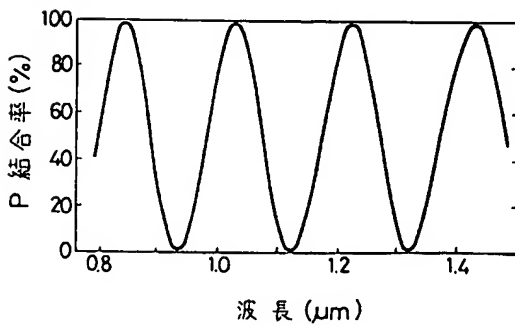
本発明の一実施例を示す図  
第 1 図



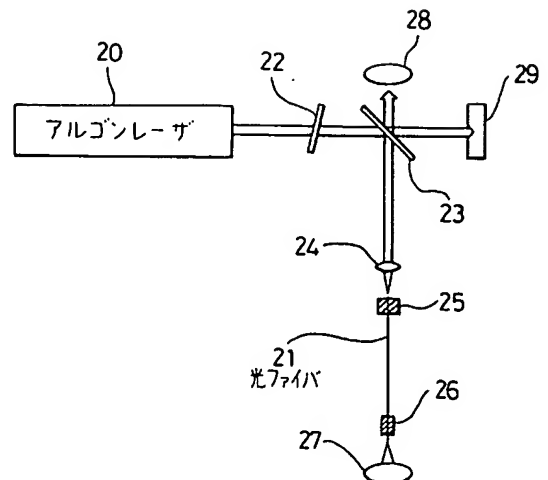
従来例を示す図  
第 2 図



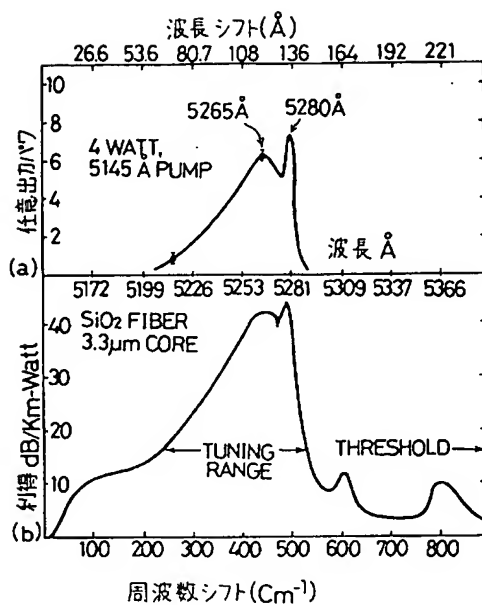
光ファイバカプラの構造を説明するための図  
第 3 図



光ファイバカプラからの出力と波長の関係を示す図  
第 4 図



光ファイバグレーティングの作製装置を示す図  
第 5 図



ラマン散乱光のスペクトル及びシフト量を示す図

第6図